

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-106931

(43)Date of publication of application : 24.04.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

H01J 37/147

H01J 37/305

(21)Application number : 08-262218

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 03.10.1996

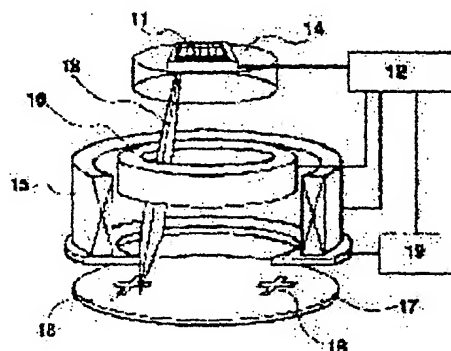
(72)Inventor : MATSUZAKA TAKASHI
KATO MAKOTO
SATO KAZUHIKO

(54) ELECTRON BEAM EXPOSURE METHOD AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT DEVICE USING THE METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize high precision by adopting various kinds of correcting techniques.

SOLUTION: In an electron beam exposure method, an electron beam 13 has an arbitrary sectional shape which is formed by individually turning ON and OFF a plurality of electron sources arranged two-dimensionally in an arrangement electron source 11, and the electron beam 13 is reduced and projected. A fine electron beam 13 is formed in a specified position of the arrangement electron source 11, by putting one or more electron sources which are previously decided, in the state of ON. A reference mark 18, for calibrating an electron beam position, on a specimen 17 to be exposed is scanned with the electron beam 13, and the position of the electron beam 13 is detected. Deviation of an irradiation origin of the arrangement electron source 11 on the specimen 17 is detected, and deflection data are corrected. Thereby exposure of high precision is possible.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

特開平10-106931

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 4 1 E
G 0 3 F 7/20	5 0 4	G 0 3 F 7/20	5 0 4
H 0 1 J 37/147		H 0 1 J 37/147	C
37/305		37/305	B
		H 0 1 L 21/30	5 4 1 M

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-262218

(22) 出願日 平成8年(1996)10月3日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 松坂 尚

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立
製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 加藤 誠

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立
製作所デバイス開発センタ内

(72) 発明者 佐藤 一彦

東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立
製作所デバイス開発センタ内

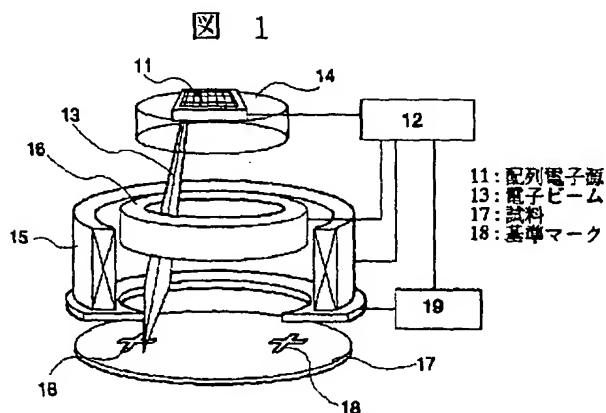
(74) 代理人 弁理士 筒井 大和

(54) 【発明の名称】 電子ビーム露光方法およびそれを用いた半導体集積回路装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 種々の補正技術を採用し、高精度化ができる電子ビーム露光方法およびそれを用いた半導体集積回路装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 配列電子源11における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビーム13を縮小して投影する電子ビーム露光方法において、配列電子源11の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として微細な電子ビーム13を形成し、その電子ビーム13で露光される試料17における電子ビーム位置校正用の基準マーク18を走査して電子ビーム13の位置を検出することにより、試料17上での配列電子源11の照射原点のズレを検出し、偏向データに補正を加えるなどを行うものであり、高精度な露光を行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光方法において、

前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記配列電子源の照射原点のズレを検出し、偏向データに補正を加える工程、

または、露光開始からあらかじめ定めた時間間隔毎に、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記電子ビームの照射位置の経時変化すなわち電子ビームドリフトを検出し、そのドリフト量を相殺するように偏向データに補正を加える工程、

または、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームを偏向器によって偏向領域内にあらかじめ設けた偏向歪計測位置に偏向し、その電子ビームで前記偏向歪計測位置に位置する露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記偏向器の偏向歪を検出してこれを相殺するように偏向データに補正を加える工程、

または、露光される試料上にあらかじめ設けた合わせマークを偏向領域内の特定の位置に試料ステージを用いて移動し、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで前記合わせマーク上を走査して、その電子ビームにより前記合わせマークの位置を検出することを順次繰り返して前記試料上での合わせ領域の形状を検出し、その形状に合わせて前記電子ビームの偏向領域の形状に補正を加える工程の少なくとも1つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項2】 請求項1記載の電子ビーム露光方法であって、前記基準マークまたは前記合わせマーク上を走査する電子ビームの形成にあたって、電子ビームの断面形状が、走査する方向と直角方向に長辺を有する長方形となるように前記配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を制御することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項3】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビー

ム露光方法において、

前記配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源上で格子状パターンを形成するようにあらかじめ定めた複数の電子源のうち、あらかじめ定めた順番に電子ビームを形成し、その電子ビームで電子ビーム位置校正用の基準マークを走査し、各電子ビームの相互の位置関係を求めることにより、前記配列電子源上の格子を露光される試料上に投影したときに生じる投影歪を検出することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項4】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光方法において、

露光される試料上に投影したときの前記配列電子源上の格子の歪を検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数を定めて前記配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪を補正する工程、

または、露光される試料上に投影したときの前記配列電子源上の格子の歪を偏向器の偏向中心で検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数を定めて前記配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪を補正する工程、

または、露光される試料上に投影したときの前記配列電子源上の格子の歪を偏向器の偏向領域内に定めた複数の位置で検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数の偏向位置による変化の様子をあらかじめ定めて前記配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪の偏向依存性を補正する工程の少なくとも1つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項に記載の電子ビーム露光方法であって、露光される試料上に実際の露光パターンを投影する場合に、電子レンズの結像条件を変化させないことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項6】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光方法において、

電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補正用補助レンズを設けて、前記配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させて形成した部分的な電子ビームの焦点変化量を検出し、その焦点位置を一定に保つように前記焦点補正用補助レンズの補正動作条件を求めておき、実際の露光パターンを投影するときに前記配列電子源のオン状態にする割合から前記焦点補正用補助レンズの補正動作条件を定めて焦点位置の補正を行う工程、

または、電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補

正用補助レンズを設けて、前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させる場合において、前記配列電子源の中心対称に格子帯状域を設定し、その格子帯状域内の前記電子源をオフ状態として前記電子源全体に対するオン状態の割合を調整する工程、

または、電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補正用補助レンズを設けて、前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させる場合において、前記配列電子源の周辺部分で形成された電子ビームの焦点状態を検出することによって、前記焦点補正用補助レンズの補正動作条件を定める工程の少なくとも１つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項 7】 請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の電子ビーム露光方法であって、

前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源の少なくとも一つ以上をあらかじめ定めて離散的もしくは順次連続的に選択して電子ビームを形成し、電子ビーム露光装置内にあらかじめ設けた電流検出器を用いてその電子ビームの電流を測定することにより、前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源の電流密度分布を計測する工程、

または、その複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、計測した電流密度が許容誤差内に納まらない部分が生じた場合、所望の露光量となるように前記電子源の露光時間を調節する工程、

または、その複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、電流が著しく高く制御性を損なうものや電流が著しく低かったり電流が発生しない場合などの欠陥が生じた場合、その欠陥の電子源上での位置を電子源のオン・オフ制御部に記憶してこれらを常にオフ状態としておき、その欠陥位置に露光データが割り当てられたときには、当該露光が終了した後に、未露光部分を埋め合わせるのに必要な電子ビームを欠陥の生じていない電子源部分を用いて形成し、電子ビームを前記欠陥により生じた未露光部分に偏向照射して前記配列電子源の欠陥救済を行う工程、

または、その複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、前記欠陥が生じた場合、その欠陥位置が露光図形の外周部分に割り当てられたときには、当該欠陥が露光図形の内部もしくは外部に位置するようにパターン発生部を制御工程の少なくとも１つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して、半導体集積回路装置のパターンを形成することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 9】 請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の電

子ビーム露光方法を用い、半導体集積回路装置のパターンを形成するためのリソグラフィ技術に用いるマスクを形成し、そのマスクを用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して、半導体集積回路装置のパターンを形成することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子ビーム露光方法およびそれを用いた半導体集積回路装置の製造方法に関し、特に、電子ビームの照射位置補正、電子ビームドリフト補正、偏向歪補正および合わせ補正などの種々の補正操作を行って、高精度な露光が実現できる電子ビーム露光方法およびそれを用いた半導体集積回路装置の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】本発明者は、半導体集積回路装置の製造方法に使用されている電子ビーム露光方法について検討した。以下は、本発明者によって検討された技術であり、その概要は次のとおりである。

【0003】すなわち、電子ビーム露光技術において、最大の技術課題である高スループット化を実現するために、例えば、「ジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー (J. Vac. Sci. Technol.)」の 12 (1975) の 1135 頁と 19 (4)、Nov./Dec. (1981) の 966 頁に論じられているような電子ビームステッパが開発されている。しかしながら、それは、マスク上に固定的に作られているパターンを一括して転写するものであることによって、特に、合わせ補正の高精度化が課題となっていた。

【0004】そのため、合わせ補正法としては、例えば、「ジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー (J. Vac. Sci. Technol.)」B 4 (1)、Jan./Feb. (1986) の 89 頁や「応用物理学会誌第 50 巻第 8 号」(1981) の 818 頁に論じられているような方法が採られていた。前者における合わせ補正法において、合わせ補正は可能なものの、焦点補正やパターンの転写歪計測、補正などの技術を実現していく上で課題があった。また、後者における合わせ補正法において、合わせ補正のためのマーク検出のときと、実際のパターン転写のときに電子レンズの動作条件を変更するために、誤差が生じるという課題があった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、最近、セルプロジェクションと呼ばれている一括図形転写方式の電子ビーム露光装置が実用化され、スループットがある程度高くなっているが、半導体集積回路装置の量産ラインの適用の場合に、より高いスループット化が必要となっている。

【0006】したがって、試料上に投影する電子ビーム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光方法において、

前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記配列電子源の照射原点のズレを検出し、偏向データに補正を加える工程、

または、露光開始からあらかじめ定めた時間間隔毎に、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記電子ビームの照射位置の経時変化すなわち電子ビームドリフトを検出し、そのドリフト量を相殺するように偏向データに補正を加える工程、

または、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームを偏向器によって偏向領域内にあらかじめ設けた偏向歪計測位置に偏向し、その電子ビームで前記偏向歪計測位置に位置する露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記偏向器の偏向歪を検出してこれを相殺するように偏向データに補正を加える工程、

または、露光される試料上にあらかじめ設けた合わせマークを偏向領域内の特定の位置に試料ステージを用いて移動し、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで前記合わせマーク上を走査して、その電子ビームにより前記合わせマークの位置を検出することを順次繰り返して前記試料上での合わせ領域の形状を検出し、その形状に合わせて前記電子ビームの偏向領域の形状に補正を加える工程の少なくとも1つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項2】 請求項1記載の電子ビーム露光方法であって、前記基準マークまたは前記合わせマーク上を走査する電子ビームの形成にあたって、電子ビームの断面形状が、走査する方向と直角方向に長辺を有する長方形となるように前記配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を制御することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項3】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビ-

ーム露光方法において、

前記配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源上で格子状パターンを形成するようにあらかじめ定めた複数の電子源のうち、あらかじめ定めた順番に電子ビームを形成し、その電子ビームで電子ビーム位置校正用の基準マークを走査し、各電子ビームの相互の位置関係を求めることにより、前記配列電子源上の格子を露光される試料上に投影したときに生じる投影歪を検出することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項4】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光方法において、

露光される試料上に投影したときの前記配列電子源上の格子の歪を検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数を定めて前記配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪を補正する工程、

または、露光される試料上に投影したときの前記配列電子源上の格子の歪を偏向器の偏向中心で検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数を定めて前記配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪を補正する工程、

または、露光される試料上に投影したときの前記配列電子源上の格子の歪を偏向器の偏向領域内に定めた複数の位置で検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数の偏向位置による変化の様子をあらかじめ定めて前記配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪の偏向依存性を補正する工程の少なくとも1つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項に記載の電子ビーム露光方法であって、露光される試料上に実際の露光パターンを投影する場合に、電子レンズの結像条件を変化させないことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項6】 配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光方法において、

電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補正用補助レンズを設けて、前記配列電子源における2次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させて形成した部分的な電子ビームの焦点変化量を検出し、その焦点位置を一定に保つように前記焦点補正用補助レンズの補正動作条件を求めておき、実際の露光パターンを投影するときに前記配列電子源のオン状態にする割合から前記焦点補正用補助レンズの補正動作条件を定めて焦点位置の補正を行う工程、

または、電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補

正用補助レンズを設けて、前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させる場合において、前記配列電子源の中心対称に格子帯状域を設定し、その格子帯状域内の前記電子源をオフ状態として前記電子源全体に対するオン状態の割合を調整する工程、

または、電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補正用補助レンズを設けて、前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させる場合において、前記配列電子源の周辺部分で形成された電子ビームの焦点状態を検出することによって、前記焦点補正用補助レンズの補正動作条件を定める工程の少なくとも１つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項 7】 請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の電子ビーム露光方法であって、

前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源の少なくとも一つ以上をあらかじめ定めて離散的もしくは順次連続的に選択して電子ビームを形成し、電子ビーム露光装置内にあらかじめ設けた電流検出器を用いてその電子ビームの電流を測定することにより、前記配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源の電流密度分布を計測する工程、

または、その複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、計測した電流密度が許容誤差内に納まらない部分が生じた場合、所望の露光量となるように前記電子源の露光時間を調節する工程、

または、その複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、電流が著しく高く制御性を損なうものや電流が著しく低かったり電流が発生しない場合などの欠陥が生じた場合、その欠陥の電子源上での位置を電子源のオン・オフ制御部に記憶してこれらを常にオフ状態としておき、その欠陥位置に露光データが割り当てられたときには、当該露光が終了した後に、未露光部分を埋め合わせるのに必要な電子ビームを欠陥の生じていない電子源部分を用いて形成し、電子ビームを前記欠陥により生じた未露光部分に偏向照射して前記配列電子源の欠陥救済を行う工程、

または、その複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、前記欠陥が生じた場合、その欠陥位置が露光図形の外周部分に割り当てられたときには、当該欠陥が露光図形の内部もしくは外部に位置するようにパターン発生部を制御工程の少なくとも１つを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して、半導体集積回路装置のパターンを形成することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【請求項 9】 請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の電

子ビーム露光方法を用い、半導体集積回路装置のパターンを形成するためのリソグラフィ技術に用いるマスクを形成し、そのマスクを用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して、半導体集積回路装置のパターンを形成することを特徴とする半導体集積回路装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子ビーム露光方法およびそれを用いた半導体集積回路装置の製造方法に関し、特に、電子ビームの照射位置補正、電子ビームドリフト補正、偏向歪補正および合わせ補正などの種々の補正操作を行って、高精度な露光が実現できる電子ビーム露光方法およびそれを用いた半導体集積回路装置の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】本発明者は、半導体集積回路装置の製造方法に使用されている電子ビーム露光方法について検討した。以下は、本発明者によって検討された技術であり、その概要は次のとおりである。

【0003】すなわち、電子ビーム露光技術において、最大の技術課題である高スループット化を実現するために、例えば、「ジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー (J. Vac. Sci. Technol.)」の 12 (1975) の 1135 頁と 19 (4)、Nov./Dec. (1981) の 966 頁に論じられているような電子ビームステッパが開発されている。しかしながら、それは、マスク上に固定的に作られているパターンを一括して転写するものであることによって、特に、合わせ補正の高精度化が課題となっていた。

【0004】そのため、合わせ補正法としては、例えば、「ジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・テクノロジー (J. Vac. Sci. Technol.)」B 4 (1)、Jan./Feb. (1986) の 89 頁や「応用物理学会誌第 50 巻第 8 号」(1981) の 818 頁に論じられているような方法が採られていた。前者における合わせ補正法において、合わせ補正は可能なものの、焦点補正やパターンの転写歪計測、補正などの技術を実現していく上で課題があった。また、後者における合わせ補正法において、合わせ補正のためのマーク検出のときと、実際のパターン転写のときに電子レンズの動作条件を変更するために、誤差が生じるという課題があった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、最近、セルプロジェクションと呼ばれている一括図形転写方式の電子ビーム露光装置が実用化され、スループットがある程度高くなっているが、半導体集積回路装置の量産ラインの適用の場合に、より高いスループット化が必要となっている。

【0006】したがって、試料上に投影する電子ビーム

断面の一層の面積化が必要となっていると共に、どのようなパターンでも描けるというパターン発生自由度を高めることも重要な課題となっている。この課題を解決するために、２次元状に配列した電子源を個別に制御して描写を実行することができる電子ビーム露光装置を本発明者らによって発明され、開発されている。この電子ビーム露光装置の詳細な内容は、特開平 6-236842 号公報に記載されている。

【0007】しかしながら、特開平 6-236842 号公報には、電子ビーム露光方法において、パターン化された電子ビームの照射原点補正および合わせ補正、さらには、これらの電子ビームを試料上に転写する際に生じる断面形状や歪それにクーロン効果による焦点ズレなどを補正する技術が開示されていない。

【0008】本発明の目的は、種々の補正技術を採用し、高精度化ができる電子ビーム露光方法およびそれを用いた半導体集積回路装置の製造方法を提供することにある。

【0009】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0011】すなわち、(1) 本発明の電子ビーム露光方法は、配列電子源における２次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光方法において、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記配列電子源の照射原点のズレを検出し、偏向データに補正を加える工程。

【0012】または、露光開始からあらかじめ定めた時間間隔毎に、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで露光される試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記電子ビームの照射位置の経時変化すなわち電子ビームドリフトを検出し、そのドリフト量を相殺するように偏向データに補正を加える工程。

【0013】または、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームを偏向器によって偏向領域内にあらかじめ設けた偏向歪計測位置に偏向し、その電子ビームで前記偏向歪計測位置に位置する露光され

る試料における電子ビーム位置校正用の基準マークを走査して、その電子ビームの位置を検出することにより、前記試料上での前記偏向器の偏向歪を検出してこれを相殺するように偏向データに補正を加える工程。

【0014】または、露光される試料上にあらかじめ設けた合わせマークを偏向領域内の特定の位置に試料ステージを用いて移動し、前記配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビームを形成し、その電子ビームで前記合わせマーク上を走査して、その電子ビームにより前記合わせマークの位置を検出することを順次繰り返して前記試料上での合わせ領域の形状を検出し、その形状に合わせて前記電子ビームの偏向領域の形状に補正を加える工程の少なくとも一つを含むものであり、高精度な露光を行うことができる。

【0015】(2) 本発明の半導体集積回路装置の製造方法は、前述した偏向データに補正を加えるなどを行って、高精度な露光を行うことができる電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して、半導体集積回路装置の例えば多層配線における配線層および層間絶縁膜などのパターンを形成するものである。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において同一機能を有するものは同一の符号を付し、重複説明は省略する。

【0017】(実施の形態 1) 図 1 は、本発明の一実施の形態である電子ビーム露光方法を示す概略構成図である。

【0018】本実施の形態の電子ビーム露光方法に使用している電子ビーム露光装置は、配列電子源 11 における２次元状に配列された複数の電子源を個別にオン・オフして形成した任意の断面形状をもつ電子ビームを縮小して投影する電子ビーム露光装置であり、２次的に配列された電子ビーム発生源である配列電子源 11 には、例えば L S I パターンのうち描画する図形情報を画素単位に分割して図形情報の有無に応じて、画素毎に電子ビーム 13 のオン・オフ信号を生成する図形情報処理部を備えている制御部 12 が電氣的に接続されており、このオン・オフ信号にしたがって電子ビーム 13 を所望の形状に励起する形状制御部が制御部 12 に備えられている。

【0019】配列電子源 11 から放射された電子ビーム 13 は、電子銃 14 によって、試料 17 に対し所定の加圧電圧によって加速され、電子レンズ 15 によって試料 17 上に縮小して投影される。ここで、縮小率は、最小の加工寸法と試料 17 上での画素の寸法との関係で定めることができる。

【0020】試料 17 上に縮小して投影された電子ビー

ム13の試料17上での位置を移動させるために、偏向器16が電子レンズ15の前段もしくは電子レンズ15のつくる収束場に重畳させて設けられている。さらに、試料17上に投影した電子ビーム13が試料17から発生される反射電子もしくは2次電子を検出する検出器を有する信号処理系19が設けられている。

【0021】前述した電子ビーム露光装置によれば、あらかじめマーク検出用に形状を定めた電子ビーム13で試料17上に設けたビーム位置検出マーク上を偏向器16で走査し、2次電子もしくは反射電子を信号処理系19で検出して、ビームの位置検出を行うことで、試料17上の所望の位置に電子ビーム13を精度良く照射することができる。また、前述した電子ビーム露光方法によれば、面積化された電子ビーム13により、LSIパターンを描画する際のショット数が低減するため、高スループット化を実現できる。

【0022】また、前述した電子ビーム露光装置において、個別にオン・オフ制御できる電子源を2次元状に配列し、これらの電子源の像を試料17上に縮小して投影する電子ビーム露光装置であるから、一つ一つの電子源の像を試料17上での画素として取り扱えば、これら画像群のオン・オフ制御により、所望のパターンを発生させることができ、かつ、大面积化された電子ビーム13により面積ビームの露光回数を低減することにより高いスループットを実現できる。また、露光されるパターンの滑らかさは、配列電子源11上に形成されたパターンを投影する電子光学系の縮小率とパターンの微細性およびレジスト膜の解像性により決めることができる。

【0023】次に、本発明の一実施の形態である電子ビーム露光方法における照射原点検出時の配列電子線の制御方法を説明する。図2は、本発明の一実施の形態である電子ビーム露光方法における照射原点検出時の配列電子線の制御方法を説明する配列電子源の平面図である。

【0024】配列電子源11は、制御部12によって、個別にオン・オフ制御される。そのため、配列電子源11の所望の部分オン状態として、電子銃14で所望のエネルギーに加速し、少なくとも一つ以上の電子レンズ15を用いて所定の投影倍率に縮小して、試料17上に投影することで、微細な電子ビーム13を生成することができる。

【0025】この部分的な電子ビーム13を偏向器16を用いて、例えば試料17に設けた基準マーク18上で偏向走査したとき、発生する反射電子信号あるいは2次電子信号(図示を省略)は、信号処理系19によって検出され、その結果マーク位置を算出することができる。

【0026】試料17は、例えばレーザ干渉計で測長されている試料ステージ(図示を省略)に固定されており、しかもそれに保持されている。そのために、図2に示すように、任意の断面形状を持った電子ビーム源13'の照射原点10を左下に含む電子ビーム13を描画

に先だって形成し、マーク検出を行い、照射位置と電子ビーム源13'の照射原点10のズレを検出し、この結果を偏向器16の出力にフィードバックすることで、電子ビーム源13'の照射位置を試料17上の所望の位置に高精度に制御できる。

【0027】したがって、本実施の形態によれば、配列電子源11の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として微細な電子ビーム13を形成し、その電子ビーム13で露光される試料17における電子ビーム位置校正用の基準マーク18を走査して、その電子ビーム13の位置を検出することにより、試料17上での配列電子源11の照射原点10のズレを検し、偏向データに補正を加えることによって、高精度の露光を行うことができる。

【0028】(実施の形態2)電子ビーム露光方法において、直接描画の場合には、短時間で露光を終了するが、マスク描画のように広い面積を長時間にわたって露光することも必要となる。このような長時間描画に関しては、描画時間中の電子ビームドリフトを補正することが、高精度の露光を実現する上で、重要である。

【0029】そのため、前述した実施の形態1で説明した照射原点10が、露光に伴う時間経過と共に基準マーク18に対してズレて、ビームドリフトを発生する。このビームドリフトのドリフト量を検出するために、前述した実施の形態1で説明したマーク検出動作を実際のパターンの露光と並行して、あらかじめ定めておいた時間間隔で実行することによって、露光中の電子ビーム13の位置ドリフトを逐次検出できる。この時、検出されるズレ量を打ち消すように偏向データを逐次変更しながら露光を行っていけば高精度な露光を実現できる。

【0030】したがって、本実施の形態によれば、露光開始からあらかじめ定めた時間間隔毎に、配列電子源11の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビーム13を形成し、その電子ビーム13で露光される試料17における電子ビーム位置校正用の基準マーク18を走査して、その電子ビーム13の位置を検出することにより、試料17上での電子ビーム13の照射位置の経時変化すなわち電子ビームドリフトを検出し、そのドリフト量を相殺するように偏向データに補正を加えることによって、高精度の露光を行うことができる。

【0031】(実施の形態3)図3は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における偏向歪検出時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【0032】特定の基準マーク18を偏向領域内であらかじめ定めておいた計測点に移動し、部分的な微細な電子ビーム源33によって基準マーク18上を走査して、マーク検出を実行する。そうすると、その時のステージ座標値とマーク検出結果から、偏向器16の偏向歪による本来偏向すべき位置からのズレを検出できる。

【0033】この動作を偏向領域内にあらかじめ定めておいた計測点で順次行っていくと、偏向歪によるズレ量を離散的にマッピングできる。この偏向歪を偏向領域内の位置座標の関数として定義しておく、偏向座標値からその位置での偏向歪によるズレ量を求めることができる。したがって、このズレ量を打ち消すように偏向データを修正することで、偏向歪を補正することができる。

【0034】本実施の形態によれば、基準マーク18を試料17上に形成しているが、基準マーク18は試料ステージや試料17の保持機構上に設ける態様とすることができる。

【0035】したがって、本実施の形態によれば、配列電子源11の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビーム13を形成し、その電子ビーム13を偏向器16によって偏向領域内にあらかじめ設けた偏向歪計測位置に偏向し、その電子ビーム13で偏向歪計測位置に位置する露光される試料17における電子ビーム位置校正用の基準マーク18を走査して、その電子ビーム13の位置を検出することにより、試料17上での偏向器16の偏向歪を検出してこれを相殺するように偏向データに補正を加えることによって、高精度の露光を行うことができる。

【0036】（実施の形態4）図4は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における合わせ描画時のマーク検出方法を説明する概略構成図である。

【0037】試料17のあらかじめ定めた位置に合わせマーク48を例えば4個形成しておき、試料ステージ（図示を省略）の移動とマーク検出動作を組み合わせると、合わせマーク48の位置座標を定めることができる。この時、合わせマーク48の各々の相互の位置関係が同定できるので、プロセスを経て試料17を変形した場合でも、その変形量および形状などを検出することができる。

【0038】この時、その変形を近似して表す位置座標を変数とする関数をあらかじめ定めておくことによって、偏向中心のズレ、各描画座標の目標値とのズレを算出して偏向データに補正を加えると、例えば層間絶縁膜などの下地に対する例えばその上の配線層などの上層描画パターンの合わせ補正を実現することができる。

【0039】したがって、本実施の形態によれば、試料17上にあらかじめ設けた合わせマーク48を偏向領域内の特定の位置に試料ステージを用いて移動し、配列電子源の特定の位置にあらかじめ定めた一つ以上の電子源をオン状態として電子ビーム13を形成し、その電子ビーム13で合わせマーク48上を走査して、その電子ビーム13により合わせマーク48の位置を検出することを順次繰り返して試料17上での合わせ領域の形状を検出し、その形状に合わせて電子ビーム13の偏向領域の形状に補正を加えることによって、高精度の露光を行うことができる。

【0040】（実施の形態5）図5（a）および図5（b）は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法におけるマーク検出時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【0041】前述した実施の形態4における例えば合わせマーク48を検出する場合、形成する微細ビームの寸法がビームの走査方向に広がっていると検出精度を劣化させてしまう。一方、ビーム電流が少なくなっても検出精度を劣化させるので、マーク検出の際の微細ビームの形状は、走査する方向に細く、それに垂直な方向に幅広く形成すると、電子ビームの広がりや電流低下によるマーク検出精度の低下を防止できる。その結果、微細な電子ビームを形成するにあたって、マーク検出の走査方向ビームに対応してオン状態とする配列電子源を図5

（a）に示すように横方向走査用の微細な電子ビーム源53xまたは図5（b）に示すように縦方向走査用の微細な電子ビーム源53yのように長方形形状に選択すれば、高精度なマーク検出を実現できる。また、図1に示す基準マーク18を検出する場合も、同様な操作ができて、高精度なマーク検出を実現できる。

【0042】したがって、本実施の形態によれば、基準マーク18または合わせマーク48上を走査する電子ビーム13の形成にあたって、電子ビーム13の断面形状が、走査する方向と直角方向に長辺を有する長方形となるように配列電子源11における2次元状に配列された複数の電子源を制御することによって、高精度な基準マーク18または合わせマーク48のマーク検出ができるので、高精度の露光を行うことができる。

【0043】（実施の形態6）図6は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における投影歪の検出時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【0044】配列電子源11上に仮想的な格子を設定し格子状に配列した微細な電子ビーム源63が投影されたときの形状は投影光学系を構成する電子レンズ15および偏向器16に起因する歪のため変形する。この投影光学系に起因する歪を計測するためには、図6に示すように定めた格子点で順次部分的な電子ビーム13を発生させるマーク検出を行い、各々の電子ビーム13の位置を計測することにより、これらの相対的な位置関係から、この仮想的な格子を試料17上に投影したときの投影光学系に起因する歪を検出することができる。

【0045】したがって、本実施の形態によれば、配列電子源11における2次元状に配列された複数の電子源上で格子状パターンを形成するようにあらかじめ定めた複数の電子源のうち、あらかじめ定めた順番に電子ビーム13を形成し、その電子ビーム13で電子ビーム位置校正用の基準マークを走査し、各電子ビーム13の相互の位置関係を求めることにより、配列電子源11上の格子を露光される試料17上に投影したときに生じる投影歪を検出することによって、高精度の露光を行うことが

できる。

【0046】（実施の形態7）図7（a）および図7（b）は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における投影歪補正を考慮した配列電子源の制御方法を説明する平面図である。同図において、73' および 73'' は、歪補正を考慮して配列した格子状の微細な電子ビーム源を示している。

【0047】前述した実施の形態6によれば、投影光学系に起因する歪は計測することができるので、図7（a）または図7（b）に示すように、あらかじめこれらの歪を計測しておき歪を打ち消すような逆歪を露光する図形データに与えておけば、試料17上に投影される描画図形は投影歪が打ち消され設計された形状に補正することができる。この場合、逆歪を表現する手段としては、例えば配列電子源上に設定した各格子点が歪のない場合に投影される試料17上の位置座標を変数とする多項式を用いることができる。また、特定の解析関数を定めて、計測した歪形状にフィティングすることもできる。それらのどの場合でも、描画データ制御装置内にハード的に補正回路を実装することも、ソフト的に描画データに補正を加えることもできる。

【0048】したがって、本実施の形態によれば、試料17上に投影したときの配列電子源上の格子の歪を検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数を定めて配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪を補正することによって、高精度の露光を行うことができる。

【0049】（実施の形態8）前述した実施の形態7において、投影光学系に起因する歪を計測するときに、配列電子源上に設定した格子の中心が投影光学系の光学軸と一致するように定めて、投影光学系の歪計測を光学軸対称に行うことにより、投影歪関数を求める際に混入するオフセット項の影響を排除することができる。

【0050】したがって、本実施の形態によれば、試料17上に投影したときの配列電子源上の格子の歪を偏向器の偏向中心で検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数を定めて配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪を補正することによって、高精度の露光を行うことができる。

【0051】（実施の形態9）前述した実施の形態7において、投影光学系に起因する歪を計測するときに、配列電子源をオン・オフ制御してできる任意のパターン形状の電子ビームを偏向器で偏向する、いわゆる偏向領域中に、あらかじめ定めた歪計測点を幾つか設けておき、この計測点に配列電子源上に設定した格子の中心点が一致するように電子ビームを偏向して、前述した実施の形態8と同様の手順で投影歪関数を求める。この動作を偏向領域内の計測点で順次実行していくと、投影歪関数を

偏向位置依存性を求めることができ、これにより高精度な描画を実現できる。

【0052】したがって、本実施の形態によれば、試料17上に投影したときの配列電子源上の格子の歪を偏向器の偏向領域内に定めた複数の位置で検出して電子ビーム露光装置に対する特有の投影歪関数を求め、その投影歪関数の逆関数の偏向位置による変化の様子をあらかじめ定めて配列電子源に図形パターンを発生させる制御データに作用させることにより、投影歪の偏向依存性を補正することによって、高精度の露光を行うことができる。

【0053】（実施の形態10）前述した実施の形態1～9のいずれかの電子ビーム露光方法において、微細な電子ビームを形成してマーク検出を行うときと、実際に図形パターンを描画するときに結像にかかわる電子レンズ、すなわち投影光学系の結像条件を変更せずに描画を実行すると、実際の露光時の結像条件で描画にかかわる補正が実行できるため、より高精度な描画を実現することができる。

【0054】したがって、本実施の形態によれば、露光される試料17上に実際の露光パターンを投影する場合に、電子レンズの結像条件を変化させないことによって、高精度の露光を行うことができる。

【0055】（実施の形態11）図8は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法に使用される電子ビーム露光装置を示す概略側面図である。図8において、15' は焦点補正用補助レンズを示し、83は微細な電子ビームを示し、88はマークを示している。それ以外の構造は、図1に示している電子ビーム露光装置と同様である。

【0056】また、図9（a）～図9（c）は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法におけるクーロン効果の影響を測定する場合の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【0057】電子ビームの面積可変ができる電子ビーム露光装置において、電子ビーム面積を変化させると電流密度を一定に保つのが一般的であるので、電子ビーム面積に比例して電子ビーム電流も変化する。この時、電流が増える側に変化が起こると電子ビームを形成する各々の電子間のクーロン反発力が増大して、電子レンズより下面側に移動して、試料17上に形成するよう調整してあった焦点位置が試料17より下面側に移動して、試料17上には、いわゆる、焦点ボケが発生し高精度な描画に支障をきたす。電流が減る側に変化した場合は、前述した場合と逆に焦点は電子レンズの収束力が相対的に増加するので試料17より上側にズレる。

【0058】このため、本実施の形態は、焦点位置検出用の微細な電子ビーム源93を配列電子源11の中心に形成しておき、周囲に形成する電子ビーム源93'の断面積を変化させていくことで電子間に働くクーロン反発

力の大きさを制御し焦点位置の変化を系統的に検出することができる。この時、合わせて、この焦点ズレを焦点補正用補助レンズ 15' により最適焦点となるように補正量を逐次求めておき、例えば制御部 12 のテーブルに配列電子源 11 のオン状態となっている割合（点灯率）と焦点補正用補助レンズ 15' の動作条件の相関を求めて格納しておけば、実際の描画に際してパターンを発生させるときの点灯率にしたがって焦点補正用補助レンズ 15' を動作させることにより、高精度なクーロン効果補正を実現できる。

【0059】したがって、本実施の形態によれば、電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補正用補助レンズ 15' を設けて、配列電子源 11 における 2 次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させて形成した部分的な電子ビームの焦点変化量を検出し、その焦点位置を一定に保つように焦点補正用補助レンズ 15' の補正動作条件を求めておき、実際の露光パターンを投影するときに配列電子源 11 のオン状態にする割合から焦点補正用補助レンズ 15' の補正動作条件を定めて焦点位置の補正を行うことによって、高精度の露光を行うことができる。

【0060】（実施の形態 12）前述した実施の形態 11 において、図 9 に示すように、配列電子源 11 の中心部に焦点検出用の微細な電子ビーム源 93 を形成し、その周囲を囲んで電子源のオン状態率を変化させる電子ビーム源 93' を形成する。この時、両者は中心の焦点検出用の微細な電子ビームで焦点検出が可能だけ互いに距離を置く必要があるため、図示したように、周囲を囲む形状となっている。この場合は、特に、光学軸が中心の焦点検出用の微細な電子ビーム源 93 に一致しているので、対称性の点でも優れている。この場合、焦点検出上、電子ビームの分離距離に問題があるときは、周囲の正形状の各頂点部分のみオン状態にすることもできる。

【0061】したがって、本実施の形態によれば、電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補正用補助レンズ 15' を設けて、配列電子源 11 における 2 次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させる場合において、配列電子源 11 の中心対称に格子帯状域を設定し、その格子帯状域内の電子源をオフ状態として電子源全体に対するオン状態の割合を調整することによって、高精度の露光を行うことができる。

【0062】（実施の形態 13）前述した実施の形態 11 において、配列電子源 11 をオン状態として任意の断面形状をもつ電子ビーム 83 を形成して描画を実行するときには各々形成される電子ビームの接続が描画精度を左右するので、電子ビーム 83 の周辺の焦点ズレを均等に制御することが重要である。このため、前述した実施の形態 11 において、図 10 (a) または図 10 (b) に示すように、正形状の割り当てた焦点検出用の微細

な電子ビームで焦点検出用電子ビーム源 103 で囲まれた領域の電子源 103' の点灯率を変化させることによって焦点補正用補助レンズ 15' の動作条件を求めることで、最適クーロン効果補正を実現できる。

【0063】したがって、本実施の形態によれば、電子ビームの焦点位置のズレを補正する焦点補正用補助レンズ 15' を設けて、配列電子源 11 における 2 次元状に配列された複数の電子源をオン状態にする割合を変化させる場合において、配列電子源 11 の周辺部分で形成された電子ビームの焦点状態を検出することによって、焦点補正用補助レンズ 15' の補正動作条件を定めることによって、高精度の露光を行うことができる。

【0064】（実施の形態 14）図 11 は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における電流密度計測時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【0065】配列電子源 11 を用いた電子ビーム露光装置の特徴の一つは、配列電子源 11 を構成する電子源を順次オン状態としながら微細でしかも部分的な電子ビームを形成して、この微細な電子ビームの電流を電子ビーム露光装置内に設けておいた電流検出器により検出すると、配列電子源 11 の各々に対応した電流値分布のマップを求めることができる。図 11 に示したように、順次配列された個別の電子源を点灯しながら電流計測を行うと、図 12 に示したように配列電子源 11 全体の電流値分布を求めることができ、その均一性を管理することができる。これにより、高精度な描画を実現できる。なお、図 12 (a) は時系列的に並べた配列電子源に対応する 1 電子線毎の電流値を示すグラフ図であり、図 12 (b) は時系列的に並べた配列電子源に対応する露光時間を示すグラフ図である。

【0066】したがって、本実施の形態によれば、配列電子源 11 における 2 次元状に配列された複数の電子源の少なくとも一つ以上をあらかじめ定めて離散的もしくは順次連続的に選択して電子ビームを形成し、電子ビーム露光装置内にあらかじめ設けた電流検出器を用いてその電子ビームの電流を測定することにより、配列電子源 11 における 2 次元状に配列された複数の電子源の電流密度分布を計測することによって、高精度の露光を行うことができる。

【0067】（実施の形態 15）前述した実施の形態 14 を実施した結果を配列電子源を時系列的に並べると、図 12 (b) に示すように電流値の変動チャートが得られる。この変動があらかじめ定めた許容誤差の範囲内にあるときは、一定の照射時間、すなわち、一定の電子源の点灯時間を割り当て、許容誤差を超える場合には、試料 17 に注入される電荷が一定になるように、照射時間を増減させることにより、高精度な描画が実行できる。

【0068】さらに、この電流変動を電子ビーム露光装置の制御系内にテーブルとして保持しておき、これを参

照して各々の配列電子源11の点灯時間を制御し、それぞれの照射量が一定になるようにすれば個別の電子源のばらつきによる露光ムラを防止でき、一層高精度な描画を実現できる。

【0069】したがって、本実施の形態によれば、複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、計測した電流密度が許容誤差内に納まらない部分が生じた場合、所望の露光量となるように電子源の露光時間を調節することによって、高精度の露光を行うことができる。

【0070】(実施の形態16) 図13(a)および図13(b)は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における配列電子源における欠陥救済方法を説明する平面図である。

【0071】前述した実施の形態15を実施するにあたり、計測される電流値が許容誤差より著しく低い場合や全く電流を検出できない場合には、配列電子源11の中でその電子源は欠陥とみなすことができるので、図13に示すように配列電子源11上の欠陥となっている電子源130を同定することもできる。

【0072】この機能を利用すると、実際の描画にあたって、欠陥となっている電子源130部分に描画パターンが割り当てられたときには、この部分の電子源をオン状態にすることなく描画を実行し、その後、欠陥となっている電子源130とは別の電子源133を点灯し、これによって形成される微細な電子ビームを欠陥となっている電子源130が照射すべき試料17上の位置に偏向して照射すれば、欠陥による照射ムラを防止できる。

【0073】また、欠陥の位置が描画すべきパターンの中央付近に位置している場合は、特に、改めて電子ビームで照射しなくてもパターン形成上問題が生じないときには別電子源による照射を省略することができる。

【0074】したがって、本実施の形態によれば、複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、電流が著しく高く制御性を損なうものや電流が著しく低かったり電流が発生しない場合などの欠陥が生じた場合、その欠陥の電子源130上での位置を電子源のオン・オフ制御部に記憶してこれらを常にオフ状態としておき、その欠陥位置に露光データが割り当てられたときには、当該露光が終了した後に、未露光部分を埋め合わせるのに必要な電子ビームを欠陥の生じていない電子源部分を用いて形成し、電子ビームを欠陥により生じた未露光部分に偏向照射して配列電子源11の欠陥救済を行うことによって、高精度の露光を行うことができる。

【0075】(実施の形態17) 図14(a)～図14(c)は、本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における配列電子源における欠陥救済方法を説明するための図である。

【0076】前述した実施の形態16を実施するにあたり、欠陥となっている電子源130が描画すべきパター

ンの外周部に割り当てられたときには別電子源133での補充照射を行うことも可能であるが、図14に示したように配列電子源11に描画データを割り当てるときに欠陥部分が描画境界に位置しないように割り当てを実行し、補充照射を省略することで描画速度を向上させることができる。

【0077】このためには、配列電子源11の周囲に補正用の電子源144をあらかじめ設定しておき、通常は点灯せずに前述した機能を利用するときのみ用いればよい。また、制御部12には、配列電子源11上の欠陥分布をあらかじめマップとして登録しておけば、描画データ割当て時に参照して欠陥となっている電子源140を描画パターン143'内部に移動させることが可能となる。

【0078】また、逆に、欠陥となっている電子源140を描画パターン143'外部に移動させれば、元々欠陥となっている電子源140を点灯する必要がないので、より高精度な描画が可能になる。欠陥となっている電子源140を描画パターン143'内部に移動させるか、描画パターン143'外部に移動させるか、あるいはその両者を混在させるかは、配列電子源11上に設定した補正用の電子源144の幅に依存して決められる。

【0079】また、配列電子源11上に割り当てられた描画パターン143'、143"の中心が、この機能によりどの方向にどれだけシフトしたかを制御部12内で求め偏向器16の出力にフィードバックすれば試料17上での照射原点10を変更せずに描画を実行できる。

【0080】したがって、本実施の形態によれば、複数の電子源の電流密度分布を計測する場合、その電子源の内、欠陥が生じた場合、その欠陥位置が露光図形の外周部分に割り当てられたときには、その欠陥が露光図形の内部もしくは外部に位置するようにパターン発生部を制御することによって、高精度の露光を行うことができる。

【0081】(実施の形態18) 本実施の形態の半導体集積回路装置の製造方法は、前述した実施の形態1～17のいずれかの電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して、LSIなどの半導体集積回路装置の例えば多層配線における配線層および層間絶縁膜などのパターンを形成するものである。

【0082】したがって、本実施の形態の半導体集積回路装置の製造方法によれば、前述した実施の形態1～17のいずれかの電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して例えば多層配線における配線層および層間絶縁膜などのパターンを形成していることによって、そのパターンを高精度な露光をもって形成することができるので、高精度でしかも微細加工をもって高製造歩留りの製造ができる。

【0083】また、本実施の形態の半導体集積回路装置

の製造方法によれば、配列電子源（例えば特開平6-236842公報に開示されている電子ビーム露光装置における配列電子源）を用いた高スループットの電子ビーム露光方法を使用し、高精度な様々な補正を実行できるため、高精度な露光を行うことができる。その結果、高品位な描画パターンを形成することができる。

【0084】（実施の形態19）本実施の形態の半導体集積回路装置の製造方法は、前述した実施の形態1～17のいずれかの電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術を使用して、LSIなどの半導体集積回路装置の例えば多層配線における配線層および層間絶縁膜などのパターンを形成するためのリソグラフィ技術に用いる例えばガラスを材料としたマスクを形成し、そのマスクを用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して、半導体集積回路装置のパターンを形成するものである。この場合、マスクを用いたリソグラフィ技術としては、投影露光装置または走査式投影露光装置などの光露光装置を使用して行うことができる。

【0085】したがって、本実施の形態の半導体集積回路装置の製造方法によれば、前述した実施の形態1～17のいずれかの電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術を使用してマスクを形成していることによって、そのマスクのパターンを高精度な露光をもって形成して高精度なパターンを有するマスクを製作できる。その結果、そのマスクを用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して例えば多層配線における配線層および層間絶縁膜などのパターンを形成していることによって、高精度でしかも微細加工をもって高製造歩留りの製造ができる。

【0086】また、本実施の形態の半導体集積回路装置の製造方法によれば、配列電子源（例えば特開平6-236842号公報に開示されている電子ビーム露光装置における配列電子源）を用いた高スループットの電子ビーム露光方法を使用し、高精度な様々な補正を実行できるため、高精度な露光を行うことができる。その結果、高品位な描画パターンを形成することができる。

【0087】以上、本発明者によってなされた発明を発明の実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0088】例えば、本発明の電子ビーム露光方法を用いた半導体集積回路装置の製造方法において、半導体基板またはSOI（Silicon on Insulator）基板などのウエハにMOSFET、CMOSFET、バイポーラトランジスタまたはMOSFETとバイポーラトランジスタを組み合わせたBiMOSあるいはBiCMOS構造などの種々の半導体素子を組み合わせた態様の半導体素子を形成することができ、それらの半導体素子を使用したDRAM（Dynamic Random Access Memory）、SRAM

（Static Random Access Memory）またはASIC（Application Specific Integrated Circuit）などを有する態様の半導体集積回路装置の製造方法に適用できる。

【0089】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【0090】（1）．本発明の電子ビーム露光方法によれば、配列電子源（例えば特開平6-236842号公報に開示されている電子ビーム露光装置における配列電子源）を用いた高スループットの電子ビーム露光方法において、高精度な様々な補正を実行できるため、高精度な露光を行うことができる。その結果、高品位な描画パターンを形成することができる。

【0091】（2）．本発明の電子ビーム露光方法によれば、配列電子源において2次元状に配列し、個別に制御できる電子源の特性を利用して、配列電子源の一部分だけをオン状態とすることで微細な電子ビームを形成し、この微細な電子ビームを用いて電子ビームの校正用の基準マーク位置を検出することにより、実際にパターン化した電子ビームを照射する際の照射原点検出および補正を実行することができる。

【0092】（3）．本発明の電子ビーム露光方法によれば、前述した動作を実際の露光と並行して、あらかじめ決めておいた時間間隔で実行すれば、露光中の電子ビームの位置ドリフト補正を実現できる。また、同様な動作で、従来通りの偏向歪補正や合わせ補正を実行できる。

【0093】（4）．本発明の電子ビーム露光方法によれば、実際にパターン化する配列電子源の領域にあらかじめ位置を定めて微細な電子ビーム群を順次形成し基準マーク上でマーク検出するようにしておけば、各々の微細な電子ビームの基準マークに対する位置を検出することができ、電子源上での相対位置と投影倍率から電子レンズなどによる投影歪を検出することができるので、この投影歪を打ち消すようにあらかじめ発生させるパターンに逆歪を与えておけば、投影歪を補正することができる。

【0094】（5）．本発明の電子ビーム露光方法によれば、前述した検出および補正はパターン化された電子ビームを投影するときと電子光学系を同一の動作条件とすることができるので、実際の露光にあたっての各種補正の精度を高めることができる。

【0095】（6）．本発明の電子ビーム露光方法によれば、オン状態とする電子源の比率を変化させながら、特定の位置の微細な電子ビームの焦点状態を検出すれば、いわゆる、クーロン効果による焦点ズレの様子を検出することができる。適当な焦点補正手段を電子光学系内に設けておき、この焦点ズレの電子源のオン状態の割合から、そのときの焦点ズレ量を求め補正することがで

き、クーロン効果補正を露光と同時に行うことができる。

【0096】(7)．本発明の電子ビーム露光方法によれば、配列電子源を構成する複数の電子源を順次オン状態としながら微細でしかも部分的な電子ビームを形成して、電流検出器により電流値を検出することにより配列電子源の電流密度分布を計測することができ、同時に電子源上の欠陥も同定できるので、これらを補正することで高精度な露光を実現することができる。

【0097】(8)．本発明の半導体集積回路装置の製造方法によれば、本発明の電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して例えば多層配線における配線層および層間絶縁膜などのパターンを形成していることによって、そのパターンを高精度な露光をもって形成することができるので、高精度でしかも微細加工をもって高製造歩留りの製造ができる。

【0098】(9)．本発明の半導体集積回路装置の製造方法によれば、本発明の電子ビーム露光方法を用いたリソグラフィ技術を使用してマスクを形成していることによって、そのマスクのパターンを高精度な露光をもって形成して高精度なパターンを有するマスクを製作できる。その結果、そのマスクを用いたリソグラフィ技術および選択エッチング技術を使用して例えば多層配線における配線層および層間絶縁膜などのパターンを形成していることによって、高精度でしかも微細加工をもって高製造歩留りの製造ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態である電子ビーム露光方法を示す概略構成図である。

【図2】本発明の一実施の形態である電子ビーム露光方法における照射原点検出時の配列電子線の制御方法を説明する平面図である。

【図3】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における偏向歪検出時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【図4】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における合わせ描画時のマーク検出方法を説明する概略構成図である。

【図5】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法におけるマーク検出時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【図6】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における投影歪の検出時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【図7】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における投影歪補正を考慮した配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【図8】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法に使用される電子ビーム露光装置を示す概略側面図

である。

【図9】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法におけるクーロン効果の影響を測定する場合の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【図10】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法におけるクーロン効果の影響を測定する場合の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【図11】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における電流密度計測時の配列電子源の制御方法を説明する平面図である。

【図12】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における時系列的に並べた配列電子源の電流値分布および露光時間チャートを示すグラフ図である。なお、同図(a)は時系列的に並べた配列電子源に対応する1電子源毎の電流値を示すグラフ図であり、同図(b)は時系列的に並べた配列電子源に対応する露光時間チャートを示すグラフ図である。

【図13】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における配列電子源における欠陥救済方法を説明する平面図である。

【図14】本発明の他の実施の形態である電子ビーム露光方法における配列電子源における欠陥救済方法を説明する平面図である。

【符号の説明】

- 10 照射原点
- 11 配列電子源
- 12 制御部
- 13 電子ビーム
- 13' 電子ビーム源
- 14 電子銃
- 15 電子レンズ
- 15' 焦点補正用補助レンズ
- 16 偏向器
- 17 試料
- 18 基準マーク
- 19 信号処理系
- 33 微細な電子ビーム源
- 48 合わせマーク
- 53x 横方向走査用の微細な電子ビーム源
- 53y 縦方向走査用の微細な電子ビーム源
- 63 格子状に配列した微細な電子ビーム源
- 73' 歪補正を考慮して配列した格子状の微細な電子ビーム源
- 73'' 歪補正を考慮して配列した格子状の微細な電子ビーム源
- 83 微細な電子ビーム
- 88 マーク
- 93 焦点位置検出用の微細な電子ビーム源
- 93' 電子ビーム源
- 103 焦点検出用電子ビーム源

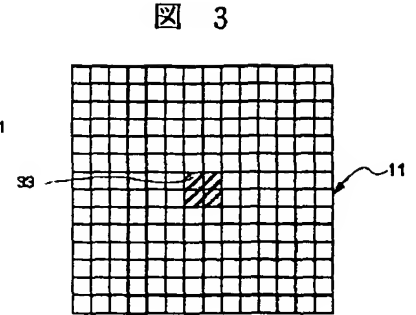
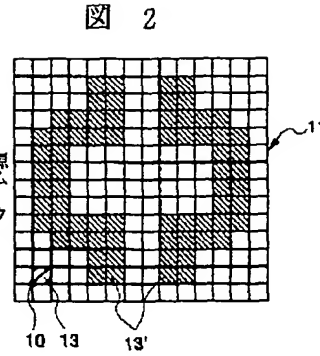
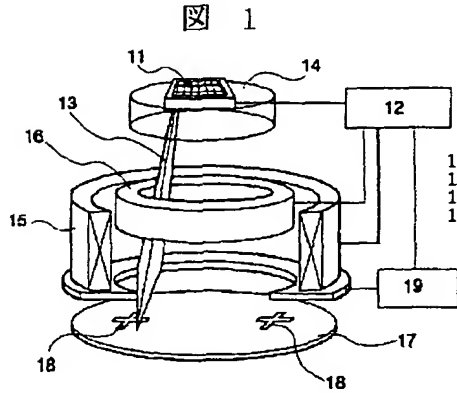
103' 電子源
 130 欠陥となっている電子源
 133 電子源
 140 欠陥となっている電子源

143 描画パターン
 143' 描画パターン
 143'' 描画パターン
 144 補正用の電子源

【図1】

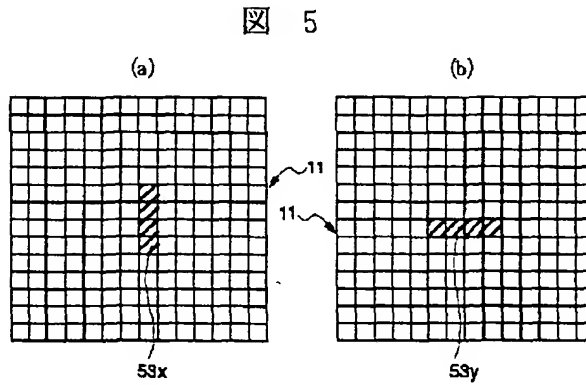
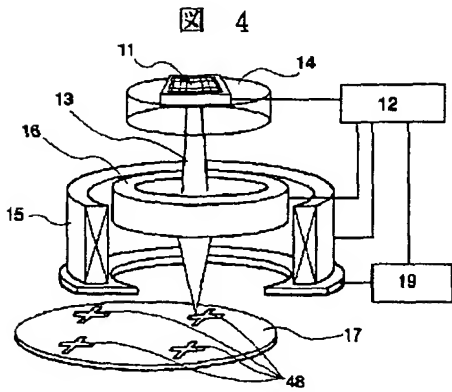
【図2】

【図3】



【図4】

【図5】



【図6】

【図7】

【図11】

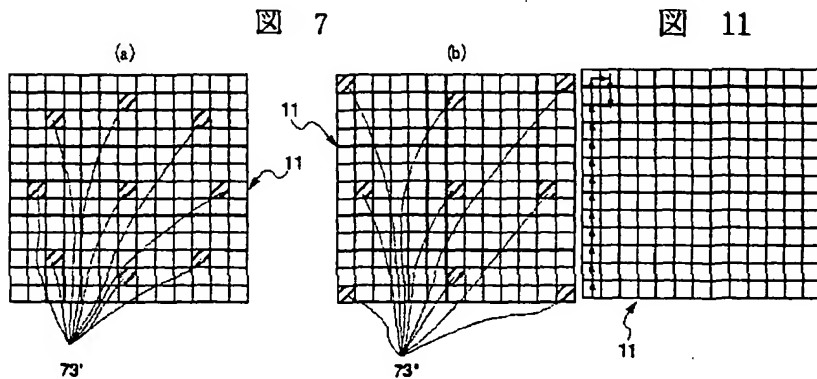
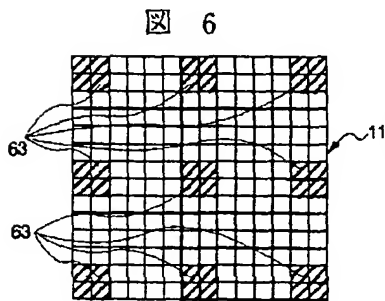
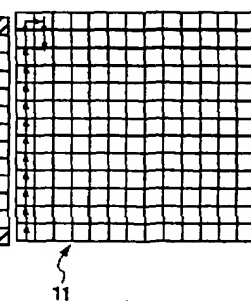
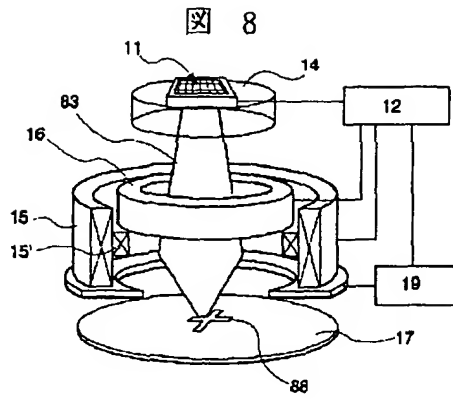


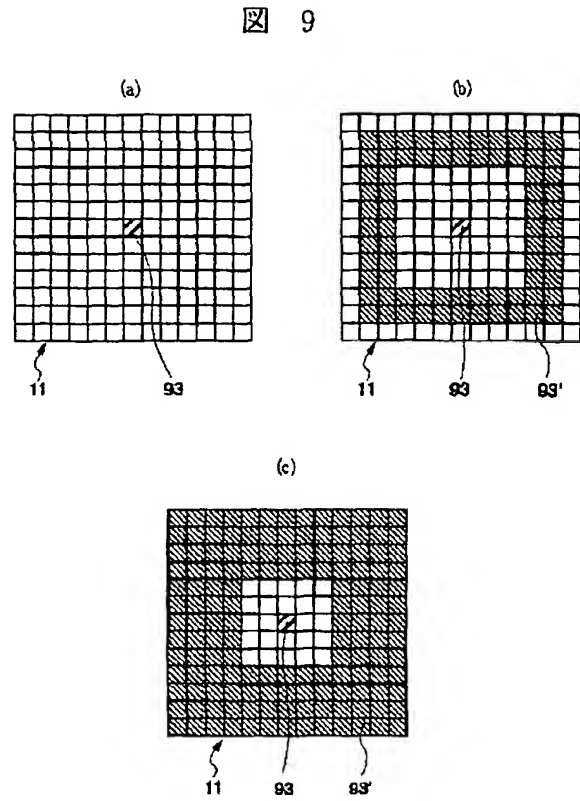
図 11



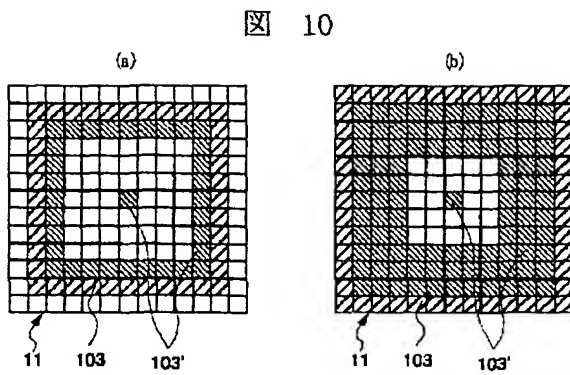
【図 8】



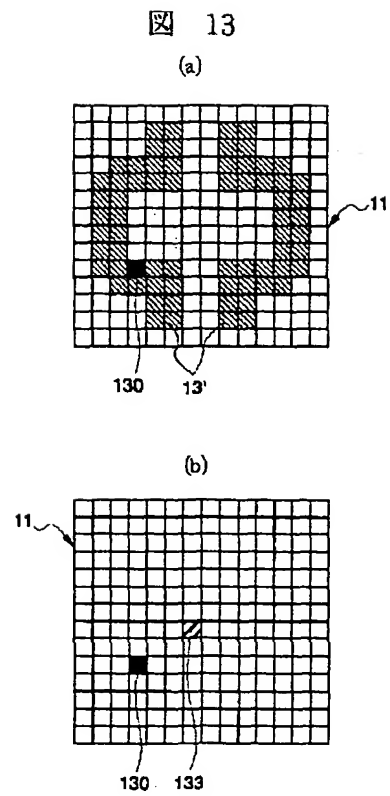
【図 9】



【図 10】

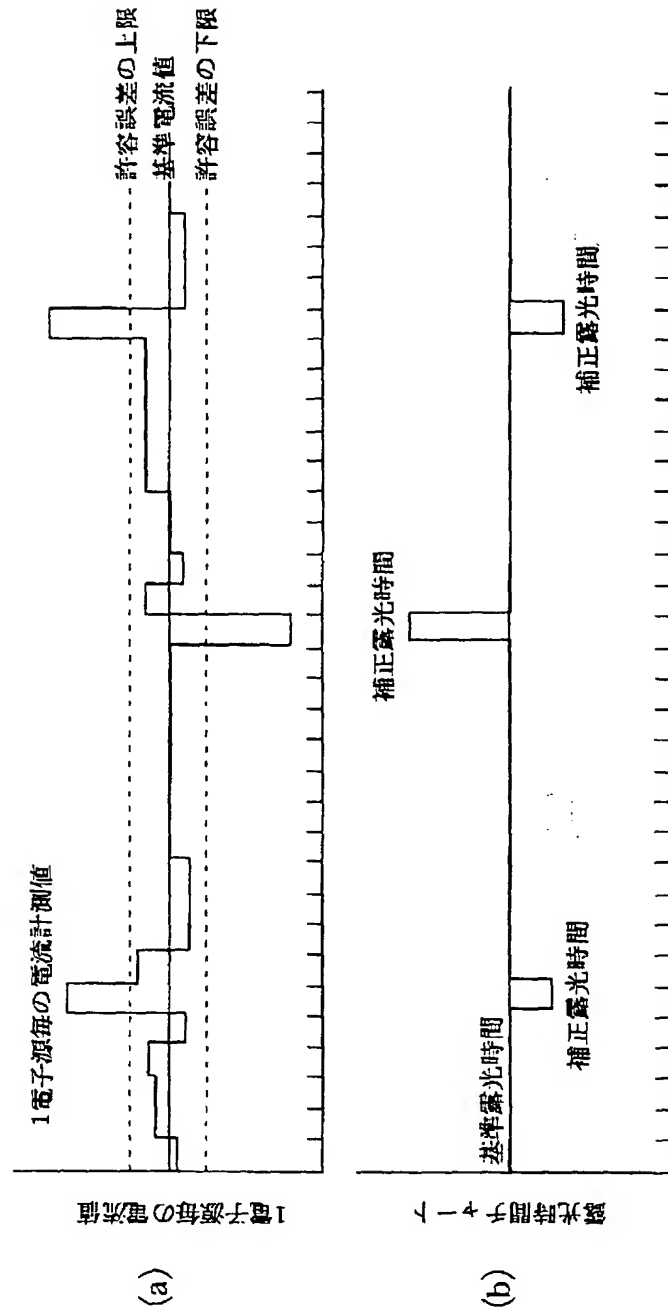


【図 13】



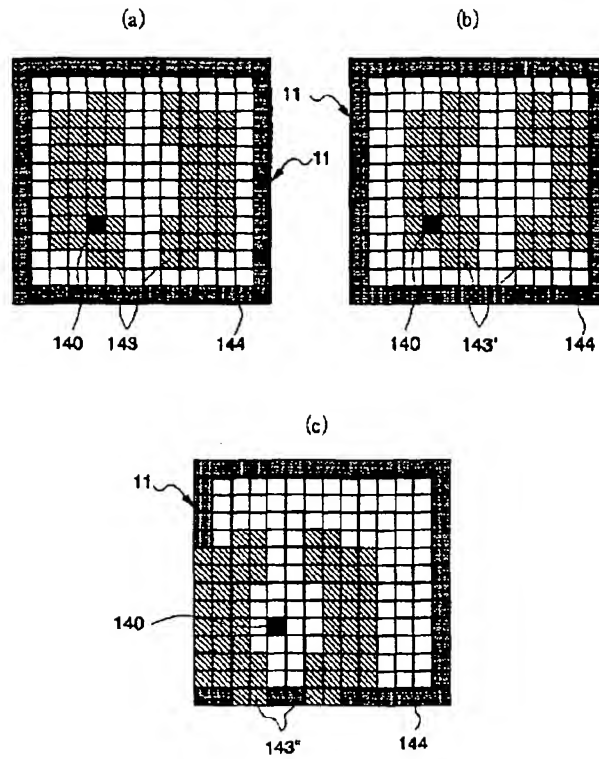
【図12】

図 12



【図14】

図 14



フロントページの続き

(51)Int. Cl. 6

識別記号

F I

H O I L 21/30

5 4 1 B